

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

М.І.КИСЕЛЬОВ, В.М.ФАТЕЄВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи з навчальної дисципліни

«ТЯГОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ»

*(для студентів 2,3 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом
підготовки 0922 (6.050702) «Електромеханіка»)*

Харків – ХНАМГ – 2009

Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Тягові електричні апарати» (для студентів 2,3 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 0922 (6.050702) «Електромеханіка») / Укл.: М.І. Кисельов., В.М.Фатєєв –Харків: ХНАМГ, 2009. – 23 с.

Укладачі: Кисельов М.І., Фатєєв В.М.

Рецензент: доцент В.М.Гаряжа

Рекомендовано кафедрою ЕТ, протокол №2 від 9.09. 2008 р.

ВСТУП

Курс “Тягові електричні апарати” розглядає основи теорії, принцип дії, конструкцію основних типів електричних апаратів, що застосовують у системах електропостачання і на рухомому складі міського електричного транспорту. Курс є однією з основних теоретичних дисциплін, базою для вивчення наступних спеціальних дисциплін, що профілюють спеціальності за напрямом підготовки 0922 – «Електромеханіка».

Для вивчення студентами даного курсу навчальним планом передбачена самостійна робота над курсом з рекомендованої літератури, виконання курсової роботи, підготовка до виконання лабораторних робіт і практичних занять, поглиблення й закріплення знань, отриманих у процесі самостійної роботи.

Своєчасному та якісному виконанню курсової роботи надають особливого значення, оскільки вони є письмовим звітом студентів за пророблену самостійну роботу з вивчення матеріалу курсу.

На самостійну роботу студентів з курсу «Тягові електричні апарати» відведено 44 години, що містить курсову роботу, розраховану на 20 год., вивчення розділів курсу, підготовка до проведення практичних та лабораторних занять.

1. Самостійна робота з курсової

Завдання до виконання курсової роботи видає викладач навчальної дисципліни на першому практичному або лабораторному занятті, де пояснює вимоги до виконання роботи та особливості до виконання роботи. Розподіл часу виконання роботи наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Розподіл часу виконання курсової роботи

Курсова робота, тематика	Кількість годин (самостійна робота) за спеціальностями	
	6.092201, 6.092202(денне)	6.092202 (заочне)
1. Постановка завдання	0,5	1
2. Розрахунок магнітних провідностей повітряних зазорів.....	3	4
3. Складання схеми заміщення магнітного кола.....	0,5	0,5
4. Побудова вебер-амперної характеристики ділянок магнітного кола	2	2,5
5. Розрахунок магнітного кола.....	3	5
6. Побудова тягової характеристики.....	1	1
7. Розрахунок параметрів обмотки.....	2	-
8. Тепловий розрахунок обмотки.....	2	-
9. Оформлення роботи	6	6
Всього	20	20

При самостійному виконанні курсової роботи необхідно правильно використовувати розмірність вихідних даних при розрахунку. Наприклад, крива намагнічування сталі $B=f(H)$ наведена у вигляді індукції в Тл, а напруженість поля H надана в А/см. При визначенні падіння магнітного потенціалу слід довжину визначати також у см і т.д.

Крива намагнічування сталі $B = f(H)$ зображена на двох рисунках для того, щоб точніше знайти напруженість магнітного поля від його індукції магнітного поля при усіх рекомендованих вихідних значеннях індукції.

Останнім значенням слід задати індукцію насичення (для крайнього значення напруженості магнітного поля).

Результати розрахунків слід надавати у трьох значущих цифрах для точності розрахунків 5 – 10%. Розрахунок значущих цифр слід вести зліва направо від першої цифри, відмінної від нуля.

Побудова тягової характеристики електромагніта пов'язана з розрахунком магнітного кола із змінним повітряним зазором. Рішення цієї задачі має свої особливості, що при вивченні теоретичних основ електротехніки не розглядаються і викликають утруднення в студентів при вивченні даного матеріалу. Для поглиблення знань з магнітних кіл, закріплення навичок розрахунку магнітних кіл з перемінним повітряним зазором і введена курсова робота з дисципліни " Тягові електричні апарати".

Виконуючи дану курсову роботу, усі розрахунки потрібно супроводжувати короткими і чіткими поясненнями, дотримуючись при цьому наступного правила: спочатку варто написати формулу в загальному виді, потім підставити до неї числові значення в одиницях системи "СИ" і лише після цього записати результати.

Пояснювальну записку слід виконувати на аркушах паперу формату А4, добре скріплених і, що має обкладинку. Назву роботи обов'язково писати чітким почерком або друкувати на принтері. Схему і графік потрібно виконувати акуратно із застосуванням креслярських інструментів і дотриманням вимог ЕСКД.

Графік треба будувати на міліметровому папері з позначенням величини і розмірності, що відкладають по осях. Позначення величин і через кому одиниці виміру надписувати ліворуч від осі координат і під віссю абсцис.

Особливу увагу слід приділити визначенню масштабу. Рекомендовано приймати його кратному 10,100 і т.д.

Розмірності основних фізичних величин у міжнародній системі одиниць "СИ", що застосовують у розрахунку, такі :

- магнітну провідність "G" вимірюють у Генрі (Гн) ;
- магнітний потік "Φ" вимірюють у Веберах (Вб) ;
- магнітну індукцію "B" вимірюють у Теслах (Тл) ;
- напруженість магнітного поля "H" – (А/м);
- сила, що намагнічує , "F" (А) ;
- стискальне зусилля " Q_т " вимірюють в Ньютонах (Н).

2. Самостійна робота при підготовці до лекцій

Вивчити матеріал до теми:

Визначення електричного апарата. Класифікація. [7, с. 5÷8] [8, с. 5÷7]. [10, с. 4 ÷ 7]. Основні розділи теорії електричних апаратів [7, с. 7]. Призначення, принцип дії і пристрій основних видів електричних апаратів. Розрядники [8, с. 176 ÷ 180], запобіжники [8, с. 208 ÷ 213], вимикачі високої напруги [8, с. 185 ÷ 203], масляні вимикачі [8, с. 148 ÷ 155, 156 ÷ 162], повітряні вимикачі [8, с. 155 ÷ 156] , трансформатори струму і напруги [8, с. 180 ÷ 183], реактори [8, с. 172 ÷ 175],. Апарати керування [8, с. 240 ÷ 245] . Апарати розподілу [7, с. 8 ÷ 25], [8, с. 187 ÷ 202] , [10, с. 8 ÷ 13].

Запитання для самоперевірки

1. Обґрунтуйте призначення тягових електричних апаратів.
2. Проаналізуйте функції керування струмом за допомогою електричних апаратів.
3. Проаналізуйте сферу застосування тягових електричних апаратів.
4. Обґрунтуйте класифікацію електричних апаратів.
5. Проаналізуйте призначення, принцип дії й застосування на МЕТ запобіжників.
6. Призначення вимикачів високої напруги.
7. Обґрунтуйте призначення апаратів керування.
8. Обґрунтуйте принцип дії гібридного (напівпровідникового) контактора.
9. Проаналізуйте відмінність пускачів від контакторів.
10. Обґрунтуйте призначення електромагнітних муфт.
11. Проаналізуйте умови, за яких відкривається тиристор гібридного контактора.

Апарати автоматичні [8, 187 ÷ 199], Напівпровідникові реле [2, 220 ÷ 253], геркони, герсікони [5, с. 488 ÷ 525], Теплові реле [8, с. 255 ÷ 258]. Токові реле [2, 304 ÷ 311], Дистанційне реле опору [7, с. 19]. Реле часу і програмні реле [2, 280 ÷ 282]. Проміжні (комутаційні) реле [2, 293 ÷ 301], Датчики (первинні перетворювачі) [2, 316 ÷ 329], Автоматичні регулятори й стабілізатори [7, с. 22 ÷ 23]. Підсилювачі і перетворювачі [7, с. 23 ÷ 25], [10, с. 14 ÷ 23].

Запитання для самоперевірки

1. Яке призначення апаратів автоматики?
2. Принцип дії найпростішого електромагнітного реле.
3. Призначення дистанційного реле опору.
4. Призначення датчиків.
5. Принцип дії найпростішого магнітного підсилювача.
6. Принцип дії магнітокерованих контактних апаратів (герконів).
7. Принцип дії теплових реле.
8. Призначення і принцип дії біметалічної пластини теплового реле.
9. За якими показниками напівпровідникові реле перевершують електромагнітні?
10. Призначення реле часу і програмних реле.
11. Призначення автоматичних регуляторів і стабілізаторів.

Електромеханічні явища в апаратах. Електромагнітне поле в апаратах і магнітні кола. Електромагнітні взаємодії, основні закони і їхнє використання для розрахунку магнітних колів [7, с. 29 ÷ 41], [10, с. 23 ÷ 30].

Запитання для самоперевірки

1. Проаналізуйте взаємодію двох рівнобіжних провідників за однакового напрямку струму в них.
2. Проаналізуйте взаємодію двох рівнобіжних провідників при різних напрямках струму в них.
3. Проаналізуйте сутність індукційно-динамічних взаємодій у системах зі струмами, що змінюються.
4. Чому в електромагнітах не виникають сили відштовхування якоря від осердя при будь-якому напрямку струму в обмотці?
5. Поясніть перше рівняння Максвелла в елементарних умовах стосовно до обмотки з числом витків W і струмом i .

6. Поясніть закон електромагнітної індукції Фарадея в елементарній формі.
7. Поясніть закон електромагнітної індукції Фарадея щодо електромагнітних елементів змінного струму.
8. Обґрунтуйте величину магнітного опору магнітопроводу як малу чи велику.
9. Закон розрахунку магнітних кіл (аналогічний першому закону Кірхгофа для електричних кіл).
10. Закон розрахунку магнітних кіл (аналогічний другому закону Кирхгофа для електричних кіл).
11. Поясніть закон повного струму для магнітних кіл.

Елементи магнітного кола. Розрахунок магнітних колів при постійному струмі без обліку потоків розсіювання. Тороїд з розподіленою обмоткою. Розгалужене магнітне коло [8, с. 112÷ 123]. [10, с. 31 ÷ 34].

Запитання для самоперевірки

1. Обґрунтуйте використання матеріалу магнітопроводу електромагнітних систем.
2. Обґрунтуйте матеріал магнітопроводу постійних магнітів.
3. Проаналізуйте криву намагнічування сталі.
4. Розрахунок тороїда з розподіленою обмоткою при заданій магніторушійній силі.
5. Розгалужене магнітне коло і його розрахунок.

Електромагніти постійного струму. Тягова характеристика. Протидіючі зусилля (навантаження). Час спрацьовування електромагніту. Основні параметри електромагнітів. Загальне рівняння балансу напруги на обмотці електромагніту [7, с. 98 ÷ 107] , [10, с. 35 ÷ 39].

Запитання для самоперевірки

1. Що називають протидіючою (механічною) і тяговою характеристикою електромагніту?
2. Перелічіть основні параметри електромагніта.

3. Проаналізуйте основні фактори, що впливають на час спрацьовування електромагніту.

4. Проаналізуйте вплив на контактну систему розташування тягової характеристики електромагніту нижче протидіючої.

5. Дайте визначення “коефіцієнта запасу” як одного з основних параметрів електромагніту.

6. Охарактеризуйте потужність, яку споживає електромагніт, як один з основних параметрів електромагніту.

7. Чим пояснюють деяке зниження струму електромагніту на початку руху якоря?

Котушки електромагнітів. Електромагнітні механізми апаратів. Основні поняття. Електромагніти змінного струму [7, с. 118 ÷ 125], [8, с. 136÷ 138]. Прискорення спрацьовування електромагнітів. уповільнення спрацьовування електромагнітів [7, с. 105 ÷ 107], [8, с. 142÷ 144]. Струмоведучі частини. Проводи і шини. [4, с. 15 ÷ 29] , [10, с. 40 ÷ 45].

Запитання для самоперевірки

1. Проаналізуйте прискорення часу спрацьовування електромагніту при під'єднанні послідовно додаткового резистора і збільшенні напруги живлення.

2. Обґрунтуйте прискорення спрацьовування електромагніту при під'єднанні конденсатора паралельно додатковому послідовно приєднаному резистору.

3. Проаналізуйте роботу електромагнітного реле при шунтуванні додаткового послідовно приєданого резистора контактами даного електромагнітного реле.

4. Проаналізуйте вплив на час спрацьовування електромагніту гільзи з електропровідного матеріалу, яка охоплює магнітопровід.

5. Обґрунтуйте збільшення ефекту сповільненого відпускання реле по відношенню до ефекту збільшення притягання при використанні короткозамкнутої гільзи з електропровідного матеріалу.

6. Порівняйте середнє зусилля притягання електромагнітів постійного й змінного струмів за однакової площі полюса.

7. Обґрунтуйте переваги електромагнітів постійного струму в порівнянні з електромагнітами змінного струму.

8. Обґрунтуйте необхідність шихтування магнітопроводів електромагнітів змінного струму.

9. Чим обумовлене додаткове нагрівання магнітопроводу електромагніту змінного струму?

Електричні контакти. Фізичні явища в електричному контакті. Різновиди електричних контактів [7, с. 308 ÷ 311]. Опір електричного контакту [4, с. 29 ÷ 45], [7, с. 311 ÷ 314], [8, с. 41 ÷ 46], [10, с. 46 ÷ 51].

Запитання для самоперевірки

1. Що називають електричним контактом?
2. Що таке контакт-деталь?
3. Що називають фрітінгом при електричному контактуванні в тягових електричних апаратах?
4. Проаналізуйте процес електричного контактування двох контакт-деталей електричного апарата.
5. Проаналізуйте чисто металеве контактування двох контакт-деталей.
6. Обґрунтуйте існування трьох видів контактів за формою контактування.
7. Приведіть класифікацію контактів тягових апаратів за призначенням.
8. Які існують з'єднувальні контакти електричних апаратів?
9. Які існують різновиди комутуючих контактів електричних апаратів?
10. Проаналізуйте призначення головних і дугогасних комутуючих контактів.
11. Чим обумовлений опір стягування електричного контакту?

Параметри контактних конструкцій. [8, с. 56 ÷ 57]. Процес розмикання контактів. Знос контактів при розмиканні. Процес замикання контактів. Знос контактів при замиканні [7, с. 323 ÷ 329], [8, с. 57 ÷ 63], [10, с. 56 ÷ 65].

Запитання для самоперевірки

1. Що являє собою зазор контактів як параметр контактних конструкцій тягових електричних апаратів?
2. Що називають провалом контактів як одного з основних параметрів контактних конструкцій тягових електричних апаратів?
3. Проаналізуйте вплив провалу контактів на надійність контактних конструкцій тягових електричних апаратів.

4. Дайте визначення контактному натисканню контактних конструкцій тягових електричних апаратів.
5. Проаналізуйте вплив на надійність електричного контакту зміни кінцевого натискання в міру зносу контактів і зменшення провалу контактів тягових електричних апаратів.
6. Що розуміють під зносом контактів електричних апаратів?
7. Проаналізуйте процеси зносу контактів при їхньому розмиканні в тягових електричних апаратах.
8. Проаналізуйте зміну перехідного опору і густину струму в останній точці контактування при розмиканні контактів.
9. Проаналізуйте вплив розмикання контактів на температуру площадки контактування.
10. Проаналізуйте виникнення різних форм розрядів при розмиканні контактів електричних тягових апаратів.
11. Проаналізуйте процес замикання контактів і його вплив на знос контактів електричного тягового апарата.
12. Проаналізуйте ситуацію, за якої в контактній конструкції електричного апарата виникає дзенькіт контактів.
13. Проаналізуйте вплив дзенькоту контактів на їхній знос.
14. Проаналізуйте залежність зносу контактів при замиканні від співвідношення протидіючої (механічної) і тягової характеристики тягових апаратів.

Електрична дуга і пристрої гасіння дуги. Властивість і характеристика електричної дуги. [7, с. 198 ÷ 203] Спосіб впливу на електричні дуги з метою керування ними і гасіння їх. Магнітне гасіння дуги. Дугогасильна система [7, с. 203 ÷ 213] , [8, с. 84÷ 110], [10, с. 60 ÷ 69].

Запитання для самоперевірки

1. Проаналізуйте умови виникнення електричної дуги при розмиканні електричних контактів.
2. Дайте визначення електричної дуги.
3. Що являє собою стовбур електричної дуги?
4. Проаналізуйте статичну характеристику електричної дуги при різних її довжинах.

5. Проаналізуйте способи впливу на електричну дугу з метою керування або гасіння.

6. Принцип магнітного гасіння дуги в тягових електричних апаратах.

7. Які різновиди магнітного гасіння дуги існують у тягових електричних апаратах?

3. Самостійна практична і лабораторна робота

На самостійну практичну роботу відведено 8 годин. Вони йдуть на підготовку до практичних занять. Призначення, принцип дії і пристрій основних видів електричних апаратів слід вивчати за такою літературою (2 год.). Розрядники [8, с. 176], запобіжники [8, с. 208 ÷ 215], вимикачі високої напруги, масляні вимикачі, повітряні вимикачі [8, 185 ÷ 195], трансформатори струму й напруги [8, 180 ÷ 183], реактори [8, 172 ÷ 176]. Апарати керування [8, 240 ÷ 245], [2, 267 ÷ 277]. Апарати розподілу. Апарати автоматичні [8, 187 ÷ 199], Апарати автоматичні [8, 187 ÷ 199], Напівпровідникові реле [2, 220 ÷ 253], геркони, герсікони [5, с. 488 ÷ 525], Теплові реле [8, с. 255 ÷ 258]. Токові реле [2, 304 ÷ 311],.. Дистанційне реле опору [7, с. 19]. Реле часу і програмні реле [2, 280 ÷ 282]. Проміжні (комутаційні) реле [2, 293 ÷ 301],.. Датчики (первинні перетворювачі) [2, 316 ÷ 329],.. Автоматичні регулятори й стабілізатори [7, с. 22 ÷ 23]. Підсилювачі й перетворювачі [7, с. 23 ÷ 25].

На вивчення матеріалу з методу розрахунків магнітних кіл відводять 4 години самостійної роботи. Опрацювати матеріал з літератури : [7, с. 47 ÷ 65, 76 ÷ 91], [8, с. 255 ÷ 258]. [10, с. 23 ÷ 30]. Розібрати самостійно завдання з [6]: завдання 1, с. 4; завдання 3, с. 6; завдання 6, с. 8; завдання 7, с. 8; завдання 8, с. 9÷10; завдання 9, с. 11 ÷ 12; завдання 11, с. 17; завдання 12, с. 18 ÷ 20;

На вивчення матеріалу з електричних контактів відводиться 1 година самостійної роботи. Опрацювати матеріал з літератури : [7, с. 308 ÷ 311], [8, с. 93 ÷ 108], [10, с. 46 ÷ 51]. Розібрати самостійно завдання з [6]: розібрати завдання на с. 26 ÷ 28, [6].

На вивчення матеріалу з виникнення і гасіння електричної дуги відводять 1 годину самостійної роботи. Опрацювати матеріал з літератури : [7, с. 198 ÷ 207], [8, с. 93 ÷ 108], [10, с. 60 ÷ 69]. Розібрати самостійно завдання з [6]: розібрати завдання 19 на с. 28, [6].

На самостійну підготовку до лабораторних робіт відводять 8 год. Таким чином, на кожну з 8 лабораторних робіт припадає 1 година підготовки. Самостійно необхідно до кожної роботи підготувати бланк звіту, який виконують на стандартних аркушах і містить обов'язково мету роботи, схему випробування, таблиці вимірів, графіки процесів, які досліджують, висновки. В [9] в кінці описання кожної лабораторної роботи вказано, що повинен містити звіт. Крім того, слід ознайомитися з теорією до кожної роботи. Для цього слід використовувати наступну літературу:

–лабораторна робота №1 Дослідження електромагнітів постійного струму. Метою роботи є: вивчення конструкції електромагнітних контакторів і реле постійного струму, експериментальне визначення магнітних потоків у різних перерізах магнітопроводу і тягової характеристики. [4, с. 110 ÷ 124], [8, с. 131 ÷ 136], [12, с. 3 ÷ 9].

Контрольні запитання

1. Назвіть фактори, що впливають на величину й розподіл магнітних потоків розсіювання?
2. Яка конструктивна відмінність електромагнітів постійного й змінного струму?
3. Як залежить форма тягової характеристики від ступеня насичення сталі?

–Лабораторна робота №2. Дослідження динаміки електромагнітного реле часу. Метою даної роботи є: вивчення конструкції електромагнітного реле часу й дослідження впливу різних чинників на часові параметри реле [4, с. 163 ÷ 174], [8, с. 258 ÷ 259, 278], [12, с. 9 ÷ 18].

Контрольні запитання

1. Чим характеризуються динамічні властивості електромагнітів?
2. Назвіть головні чинники, що впливають на час спрацьовування і час відпускання електромагнітних реле.
3. Поясніть вплив розміщення демпфера щодо обмотки, яка намагнічує, на час спрацьовування реле.
4. Що називають явищем “залипання” якоря, які заходи для його запобігання?

–Лабораторна робота №3. Дослідження реле автоматичного пуску і гальмування. Метою роботи є вивчення конструкції електромагнітних реле прискорення й експериментальне визначення головних його характеристик [4, с. 163 ÷ 168], [12, с. 18 ÷ 23].

Контрольні запитання

1. Що називають коефіцієнтом повернення?
2. Чим досягається високий коефіцієнт повернення реле прискорення?
3. Для чого частину магнітопроводу реле виконують шихтованою (набраною з тонкої електротехнічної листової сталі)?
4. У реле прискорення клапанного типу на осерді встановлені три котушки. Назвіть їх призначення.

–Лабораторна робота №4. Дослідження автоматичних повітряних вимикачів. Метою роботи є вивчення конструкції і головних характеристик автоматичних вимикачів (автоматів), що застосовуються на міському електричному транспорті [2, с. 259 ÷ 263], [8, с. 187 ÷ 195], [8, с. 208 ÷ 215], [10, с. 4 ÷ 14], [12, с. 24 ÷ 31].

Контрольні запитання

1. Призначення механізму вільного розчіплювання.
2. Призначення електромагнітного розчіплювача автоматів.
3. Призначення сталевих полюсів дугогасної камери.
4. Що таке «магнітне дуття»? Як воно здійснюється в автоматах?

–Лабораторна робота №5. Дослідження одноконтурного магнітного підсилювача. Метою роботи є вивчення конструкції магнітних підсилювачів, дослідження впливу зміщення і зворотного зв'язку на його регульовальну характеристику. [8, с. 278 ÷ 280]. [4, с. 191 ÷ 198]. [12, с. 31 ÷ 38].

Контрольні запитання

1. Принцип дії магнітного підсилювача.
2. Види зворотних зв'язків у магнітних підсилювачах і їх вплив на регульовальну характеристику.
3. Варіанти виконання магнітних підсилювачів на різних типах осердя.
4. Призначення зміщення в магнітних підсилювачах.

–**Лабораторна робота №6.** Контролери рухомого складу міського електричного транспорту. Метою роботи є вивчення принципів роботи, конструкції, методики регулювання і вимірів робочих параметрів контролерів [12, с. 38 ÷ 46].

Контрольні запитання

1. Призначення контролерів.
2. Класифікація контролерів: за видом приводу; за призначенням; за конструкцією контакторних елементів.
3. Види блокування, що застосовуються в контролерах.
4. Способи виміру провалу та натискання контактів.
5. Способи регулювання частоти обертання кулачкового вала реостатного контролера.

–**Лабораторна робота №7.** Дослідження низьковольтних запобіжників. Метою роботи є ознайомлення з конструкціями і технічними даними низьковольтних запобіжників, зняття часострумової характеристики плавкої вставки, обробка й аналіз дослідів [8, с. 208 ÷ 217]. [12, с. 46 ÷ 52].

Контрольні запитання

1. Що таке захисна характеристика плавкої вставки?
2. Які матеріали використовують для виготовлення плавких вставок, їх позитивні риси й недоліки?
3. Що називають номінальним струмом патрона?
4. Що таке «номінальний струм плавкої вставки»?
5. Що таке «металургійний ефект» у запобіжниках? Для чого його використовують?

–Лабораторна робота №8 . Дослідження лінійного приводу роз'єднувачів тягових підстанцій. Метою роботи є вивчення конструкції і дослідження головних експлуатаційних характеристик лінійного електропривода для роз'єднувачів тягових підстанцій міського електротранспорту [12, с. 53 ÷ 57].

Контрольні запитання

1. Що являє собою лінійний електропривід роз'єднувача?
2. В якому режимі може працювати лінійний електропривід роз'єднувача?
3. Які недоліки має лінійний електропривід роз'єднувача?
4. Які достоїнства має лінійний привід у порівнянні з іншими типами приводів роз'єднувачів?

4. Самостійна робота над фаховою літературою

Слід самостійно опрацювати розділи, що присвячені гібридним та напівпровідниковим апаратам (контактори, пускачі, реле) .

Напівпровідникові апарати представляють новий напрямок розвитку електричних апаратів. Його виникнення безпосередньо пов'язане з революційним розвитком силової електроніки й мікросхемотехніки, що розпочався в останні десятиліття, дозволило, використовуючи нові принципи побудови електричних апаратів на базі елементів вказаної електронної техніки, радикально покращувати комутаційну зносостійкість і швидкодію новостворюваних апаратів, а також розширювати їх функціональні можливості. Динамічному просуванню напівпровідникових апаратів сприяв загальний прогрес в техніці, що пред'являє до електричних апаратів високі вимоги, які стає все складніше вирішувати на базі традиційних принципів їх побудови.

Слід акцентувати увагу на вивченні напівпровідникових твердотільних реле [2, с.220 – 222, 241 – 254], а також – напівпровідникових контакторів, пускачів, автоматичних вимикачів [3, с.200 – 244].

Твердотільним реле називають оптико - електронний пристрій, в якому сигнал управління передають через оптичний канал і включає (вимикає) могутній вихідний електронний пристрій [2].

В даний час реле знаходять все більше застосування в різних електротехнічних пристроях і виробах автоматики, зокрема:

- ◆ для комутації електродвигунів постійного й змінного струму;
- ◆ у системах автоматичного регулювання й управління;
- ◆ як контактори в ланцюгах змінного струму, в імпульсних джерелах живлення, в швидкодіючих системах захисту і т.д.

Оптоелектронні твердотільні реле можна розділити на дві принципово різні групи:

- ◆ реле змінного струму, у яких силовими елементами є сімістори і тиристори однополярні;
- ◆ двополярні реле постійного струму з силовими елементами на **IGBT** або МОП - ТРАНЗИСТОРАХ, причому двополярні реле можуть працювати і в колах змінного струму.

Порівнюємо за ефективністю (мінімізація розсіюваної в силових елементах потужності) використання в колах змінного струму тиристорних і двополярних реле на IGBT або МОН — транзисторах. Для типових значень параметрів силових елементів для напруги 220/380 В одержимо, що на струмах зверху одиниць ампер тиристори в 3—5 разів ефективніше за IGBT, а відношення розсіюваних потужностей реле на IGBT або МОП — транзисторах чисельно приблизно дорівнює струму в амперах.

Твердотільні реле змінного струму, їх класифікація

Виділяють наступні основні типи тиристорних твердотільних реле:

- однофазні нормально замкнуті і нормально розімкнені реле (від 1 А до 100 А);
- трифазні нормально розімкнені реле (від 10 А до 150 А);
- однофазні, двофазні і трифазні реверсивні реле з вбудованим захистом від міжфазного замикання і миттєвого реверсу (від 10 А до 40 А);
- двоканальні твердотільні реле з роздільними каналами або із загальною точкою на виході з незалежним управлінням каналами (від 1 А і вище).

Безконтактні напівпровідникові контактори змінного й постійного струму як за принципом побудови, так і за режимом роботи силових напівпровідникових приладів подібні.

Основними перевагами безконтактних напівпровідникових апаратів порівняно з контактними апаратами є [3]:

- відключення без дуги електричних кіл і висока частота включень;
- підвищена надійність в експлуатації завдяки відсутності електричної дуги при комутації, рухомих частин і кінетичних зв'язків;
- швидкодія (час відключення може складати одиниці і навіть долі мілісекунд), що дозволяє створювати якісно новий захист електричних ланцюгів з високим рівнем обмеження струму, а також забезпечувати безперебійне електропостачання;
- можливість разом з виконанням функцій звичайних апаратів регулювати напругу (потужність), здійснювати реверсування, гальмування, регулювання швидкості електроприводів і т.д.;
- незначна потужність управління;
- висока технологічність, обумовлена конструкцією у вигляді блоків і можливістю використання уніфікованих вузлів;
- можливість застосування у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях;
- зручне поєднання з сучасними засобами автоматики й обчислювальної техніки.

Разом з перерахованими позитивними якостями, безконтактні напівпровідникові апарати мають ряд недоліків, які пов'язані з властивостями силових напівпровідникових приладів і повинні обов'язково враховуватися при проектуванні напівпровідникових апаратів і визначенні сфери їх застосування:

- великі втрати енергії у включеному стані (в 25 - 100 разів вище, ніж у контактних апаратів), пов'язані з великим падінням напруги на силових напівпровідникових приладах, що вимагають застосування охолоджуючих пристроїв; низька перевантажувальна здатність (на порядок нижче, ніж у

- контактних апаратів), зумовлена тим, що температура напівпровідникової структури силових напівпровідникових приладів, що масово випускаються, не повинна бути вище за $+140^{\circ}\text{C}$. Охолодження не покращує цей показник, оскільки тепловідвідний ефект охолоджувача (радіатора) виявляється по закінченні $2 \div 4$ год після появи струму навантаження;
- низький рівень перенапруження, що витримується, (у 3—5) раз менший, ніж у контактних апаратів) і критичність до швидкості його наростання;
 - наявність гальванічного зв'язку навантаження з джерелом;
 - висока вартість і значні габаритні розміри.

Перераховані переваги і недоліки безконтактних напівпровідникових апаратів визначили сферу їх раціонального застосування [2]:

- 1) для створення простих комутаційних пристроїв (контакторів, пускачів) підвищеної надійності, що працюють у режимі частих комутацій;
- 2) для отримання високого рівня швидкодії (створення принципово нових систем захисту електричних кіл, швидкодіючі пристрої введення резерву і т. п.);
- 3) для створення комутаційних пристроїв, що суміщають функції захисту, управління й регулювання;
- 4) у галузях промисловості з високим ступенем автоматизації;
- 5) в автоматизованих комплектних пристроях підвищеної надійності.

В даний час *безконтактні напівпровідникові контактори постійного струму (НПКПС)* достатньо задовольняють вимогам, що викладені в підрозділі, можуть виконуватися на базі традиційних одноопераційних тиристорів, двоопераційних тиристорів і JGBT-транзисторів. Оскільки за перевантажувальною здатністю і прямим падінням напруги останні істотно поступаються тиристорам, а високі динамічні параметри JGBT – транзисторів у напівпровідникових контакторах поки не затребувані, то нижче буде розглянуте використання в *НПКПС* тільки двох вказаних вище типів тиристорів. При цьому слід зазначити, що ніяких інших утруднень принципового характеру при використанні JGBT-транзисторів в *НПКПС* не створюється.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тягові електричні апарати. Методичні вказівки до виконання курсового проекту (для студентів 2, 3 курсів денної форми навчання спеціальності 7.092.202)/.Укл. М.І.Кисельов, К.О.Сорока.-Харків: ХДАМГ, 2002.-46 с.
2. Корякин – Черняк С.Л., Партала О.Н. Справочник электрика для профи и не только...–СПб.:Наука и Техника, 2008.–592с.
3. Сосков А.Г.,Соскова И.А. Полупроводниковые аппараты: коммутация, управление, защита: Учебник/Под ред. А.Г. Соскова.–К:Каравелла,2005. –344с.
4. Захарченко Д.Д. Тяговые электрические аппараты: Учебник для вузов ж.-д. трансп.-М.:Транспорт, 1991.-247с.
5. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: Справ. /Н.Н.Акимов, Е.П. Ващуков, В.А. Прохоренко, Ю.П. Ходоренок.–Мн.: Беларусь, 1994.–591с.
6. Методичні вказівки до практичних занять з навчальних дисциплін «Тягові електричні апарати» (для студентів 2, 3 курсів денної форми навчання спеціальності 6.092200)/.Укл. М.І.Кисельов, В.М.Фатеев.-Харків: ХНАМГ, 2009.–32с.
7. Основы теории электрических аппаратов: Учеб. для вузов по спец. «Электрические аппараты» /И.С.Таев, Б.К.Буль, А.Г.Годжелло и др.; Под ред. И.С.Таева.-М.:Высш. шк., 1987.-352 с.
8. Родштейн Л.А. Электрические аппараты: Учебник для техникумов.- 4-е изд., перераб. и доп. -Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989.-304 с.
9. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Тягові електричні апарати” (для студентів 2,3 курсів усіх форм навчання спеціальності 8.092.202)/.Уклад. Кисельов М.І., Нем В.К., Сорока К.О.-Харків: ХНАМГ, 2004.-59 с.
- 10.Кисельов М.І. Конспект лекцій з дисципліни «Тягові електричні апарати» (для студентів 2, 3 курсів денної форми навчання за напрямом підготовки 0922 – «Електромеханіка» [Текст]/ М.І.Кисельов, В.М.Фатеев; Харківська нац. академія міського господарства –Х.: ХНАМГ, 2009.–84с.
- 11.Ефремов И.С., Косарев Г.В. Теория и расчет троллейбусов (электрическое оборудование) ч. 1, 2.-М.:Высшая школа, 1981.-248,293с.

ЗМІСТ

	стор
Вступ	3
1. Самостійна робота з курсової	4
2. Самостійна робота при підготовці до лекцій.	6
3. Самостійна практична і лабораторна робота.	12
4. Самостійна робота над фаховою літературою.	17
Список літератури.	21

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Тягові електричні апарати» (для студентів 2,3 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 0922 (6.050702) «Електромеханіка»)

Автори: Михайло Іванович Кисельов,
Віктор Миколайович Фатєєв

Редактор: Д.Ф.Курильченко

Верстка: І.В. Волосожарова

План 2009, поз. 669 М

Підп. до друку 09.04.09	Формат 60x84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі	Умовн.-друк арк. 1,0	Обл.-вид.арк. 1,3
Тираж 100 прим.	Замовл. №	

61002, м. Харків, ХНАМГ вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ
61002, м. Харків, вул. Революції, 12